

第 1 章 局域网基础知识



本章 导读

局域网是一种覆盖范围较小的计算机网络，在局域网发展初期，一个学校或工厂往往只拥有一个局域网，但随着局域网的发展和广泛应用，一个学校或企业大都拥有许多个互连的局域网（这样的网络成为校园网或企业网，即 Intranet）。本章从计算机网络的概念、分类和体系结构出发，去探讨局域网的关键技术，为组建局域网奠定基础。



本章要点

- 计算机网络的概念和分类
- 局域网的特点及构成
- 局域网的拓扑结构及局域网协议

1.1 计算机网络的基本概念

1.1.1 计算机网络的定义和内涵

1. 计算机网络的定义

所谓计算机网络，就是利用通信线路和通信设备将处在不同地理位置上具有独立功能的计算机系统连接起来，借助功能完善的网络软件以实现资源共享和数据通信为目的的系统（如图 1-1 所示）。

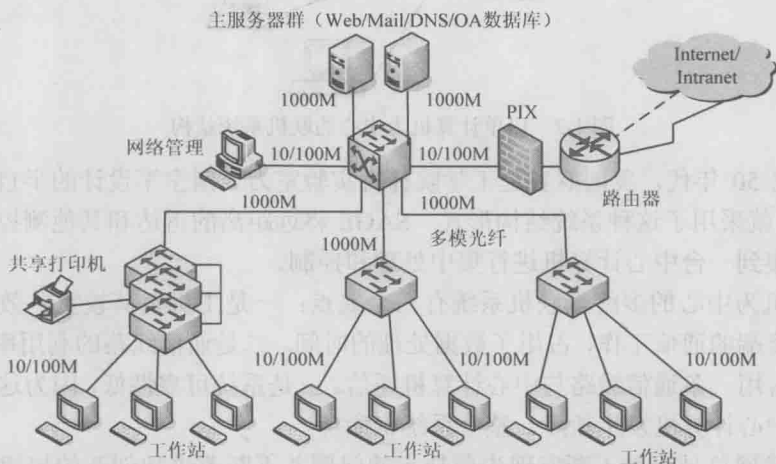


图 1-1 一个小型企业的计算机网络

2. 计算机网络的内涵

(1) 通信线路包括有线传输介质（如同轴电缆、双绞线、光纤等）和无线传输介质（如微波、卫星、红外线等）。

(2) 通信设备主要包括集线器、网桥、交换机、路由器、网关等网络设备。

(3) 不同地理位置指至少有两台计算机连接起来才能构成计算机网络。

(4) 独立功能的计算机系统是指计算机具有完整的硬件和软件系统，不管是否连接网络它都能正常的工作。

(5) 网络软件主要是指各计算机之间要能相互通信，必须遵循共同确认的规则、约定和标准，即网络协议（简称协议）。协议是计算机网络的本质，没有协议无论怎样连接，计算机之间也不能相互通信。

(6) 资源共享是计算机网络的功能和目的。计算机网络提供的可共享的资源包括硬件资源（如大型计算机，打印机等）、软件资源（如大型数据库等）和信息（数据）资源（如浏览 Web 页等）。

1.1.2 计算机网络的产生和发展

计算机网络是计算机技术与通信技术结合的产物，其产生和发展经历了以下四个阶段。

第一阶段：以单计算机为中心的多终端联机系统

1946 年诞生了世界上第一台电子数字计算机 ENIAC，1949 年诞生了以冯·诺伊曼原理为依据的现代计算机，为人类向信息化社会迈进奠定了基石，也使计算机网络的产生成为可能。但是，由于当时计算机主机非常昂贵，而通信线路和终端设备相对便宜，为了满足多人使用计算机进行数据处理的需求，采用了以单计算机为中心的联机系统结构形式（如图 1-2 所示）。

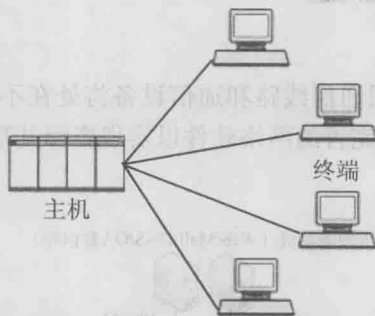


图 1-2 以单计算机为中心的联机系统结构

在 20 世纪 50 年代，美国麻省理工学院林肯实验室为美国空军设计的半自动化地面防空系统（SAGE）就采用了这种系统结构形式。SAGE 将远距离的雷达和其他测控设备的信息通过通信线路汇集到一台中心计算机进行集中处理和控制的。

以单计算机为中心的多终端联机系统有三个缺点：一是主机负荷较重，效率低，因为主机要承担与各终端的通信工作，占用了数据处理的时间。二是通信线路的利用率低，因为每个终端都要单独占用一条通信线路与中心计算机通信。三是系统可靠性低，因为这种结构属于集中控制，一旦中心计算机发生故障，整个系统将瘫痪。

新技术的发展总是沿着不断发现先前技术的问题并不断改进和创新的规律进行的，计算机网络的发展也不例外。首先，为了提高主机效率，采用了通信控制器来承担主机与各终端的

通信功能,主机只承担数据处理,提高了效率。其次,为了提高线路利用率,采用了多点接入通信线路的方式,所谓多点接入通信线路就是多个终端连接在一条通信线路上,多个终端共享同一条通信线路与中心主机进行通信,从而提高了线路的利用率。这样改进后的系统结构形式如图 1-3 所示。最后,要提高系统的可靠性,就必须连接多台主机来提供可替代的资源,这样就进入了计算机网络发展的第二个阶段:计算机—计算机网络阶段。

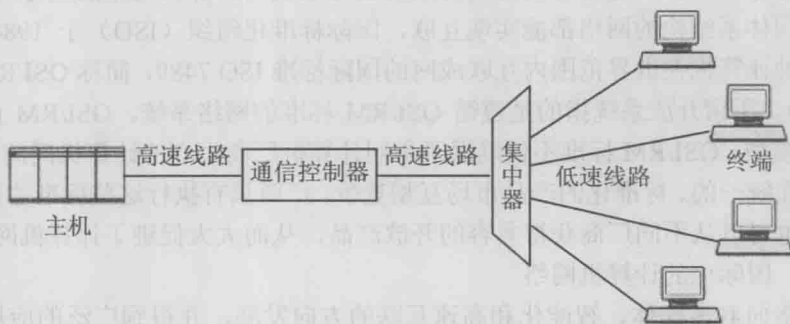


图 1-3 多点接入通信线路的方式

以单计算机为中心的多终端联机系统的特点是由于整个系统只有一台主机(中心主机),所以它不是现代意义上的计算机网络,但是,它是建立计算机网络的雏形。

第二阶段:计算机—计算机网络

随着计算机技术和通信技术的发展,利用通信线路将多个计算机连接起来,相互交换数据,实现了互联的计算机之间的资源共享,从而使计算机网络的通信方式由终端与计算机之间的通信,发展为计算机与计算机之间的直接通信。整个系统是由多个不同计算机系统互联而成,各计算机都有独立的处理能力,它们之间的关系不是终端与中心计算机之间的从属关系,而是一种平等的关系,这种系统就是现代意义上的网络(如图 1-4 所示)。

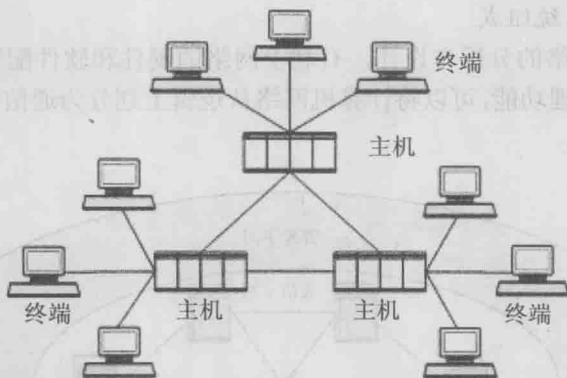


图 1-4 计算机—计算机网络

1969 年,美国国防部高级研究计划署(DARPA)建成的 ARPANET 实验网是现代计算机网络诞生的标志,也是今天的 Internet 网络的前身。ARPANET 的主要特点是实现了资源共享,使用了分组交换技术,属于分散控制方式。

第三阶段:标准化的计算机网络

20 世纪 70 年代以后,尤其是随着微型计算机的应用,计算机网络的技术日趋成熟。为了

促进网络产品的研发,各大计算机制造公司纷纷制定自己的网络技术标准和规范,例如,1974年IBM公司宣布了它研制的系统网络体系结构SNA(System Network Architecture),它是按照分层的方法制定的。DEC公司也在20世纪70年代末开发了自己的网络体系结构——数字网络体系结构(Digital Network Architecture, DNA)。但是,由于各个公司的体系结构标准存在差异,造成了同一体系结构标准的网络产品容易互联,而不同体系结构标准的产品却很难实现互联。从某种意义上讲,这种各自为政的局面已经限制了计算机网络的全球性发展。

为了使不同体系结构的网络都能实现互联,国际标准化组织(ISO)于1984年正式颁布了一个能使各种计算机在世界范围内互联成网的国际标准ISO 7489,简称OSI/RM(开放系统互联参考模型)。所谓开放系统指的是遵循OSI/RM标准的网络系统。OSI/RM由七层组成,也称OSI七层模型,OSI/RM标准不仅确保了不同计算机厂商生产的计算机间的互联,同时也促进了各厂商在统一的、标准化的产品市场互相竞争。厂商只有执行这些标准才能有利于产品的销售,用户也可以从不同厂商获得兼容的开放产品,从而大大促进了计算机网络的发展。

第四阶段:国际化的计算机网络

计算机网络向着多媒体、智能化和高速互联的方向发展,并得到广泛的应用,全球形成了以因特网为核心的高速计算机互联网。人们可以利用Internet实现全球范围的电子邮件、信息传输、信息查询语音和图像等多种业务综合服务的功能。它对推动世界经济、文化、社会、科学的发展起到了举足轻重的作用。

网络未来的发展趋势是实现在任何时间、任何地点用任何通信工具通过任意的方式,任何人都可以实现上网的目的。这需要微电子技术和光电子技术的支持,并且要使电信网络、有线电视网络和计算机网络三网合一,形成统一的网络环境。现在主要有四个技术热点:多媒体技术、宽带网技术、移动通信技术和信息安全技术。总体上来说网络的发展方向是:高速化,通信网络的综合服务和宽带化,管理的智能化,技术的标准化,可移动性以及信息的安全性。

1.1.3 计算机网络的系统组成

1. 计算机网络的系统组成

为了简化计算机网络的分析与设计,有利于网络的硬件和软件配置,按照计算机网络系统的数据通信和数据处理功能,可以将计算机网络从逻辑上划分为通信子网和资源子网两大部分,如图1-5所示。

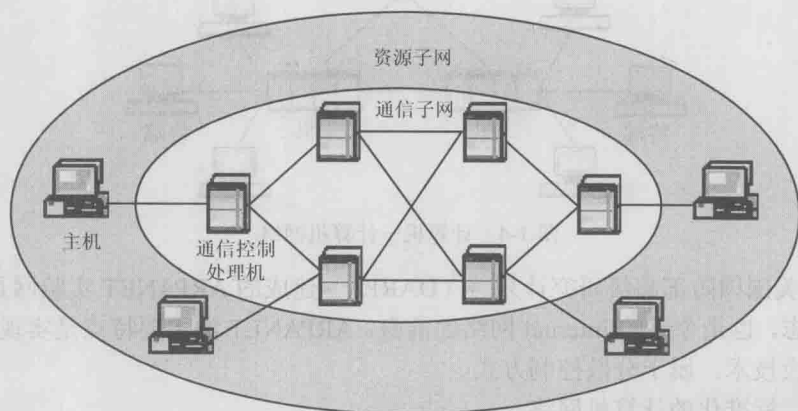


图 1-5 计算机网络的系统组成

(1) 通信子网。通信子网主要由通信控制处理机（在网络拓扑结构中被称为网络节点）和通信链路组成。其中网络节点也称为中转节点，它们的作用是控制信息的传输和主机（也称端节点）之间转发信息，它们可以是路由器、交换机、集线器等；通信链路是指网络节点与网络节点之间、网络节点与主机之间传输信息的通道，它们可以是双绞线、同轴电缆、光纤、微波及卫星等传输信道。通信子网负责全网的数据传输、交换、加工和转换等通信处理工作。

通信子网由传输介质、网卡、中继器、集线器、网桥、交换机、路由器等设备和相关软件组成。

(2) 资源子网。资源子网由主机系统、终端设备、终端控制器、各种软件资源与信息资源组成。资源子网实现全网的面向应用的数据处理和网络资源共享，它由各种硬件和软件组成。

1) 主机系统 (Host)。它是资源子网的主要组成单元，装有本地操作系统、网络操作系统、数据库、用户应用系统等软件。它通过高速通信线路与通信子网的通信控制处理机相连接。普通用户终端通过主机系统连入网内。早期的主机系统主要是指大型机、中型机与小型机。

2) 终端设备。它是用户访问网络的界面。终端可以是简单的输入、输出终端，也可以是带有微处理器的智能终端。智能终端除具有输入、输出信息的功能外，本身还具有存储与处理信息的能力。终端可以通过主机系统连入网内，也可以通过终端控制器连入网内。

3) 网络操作系统。它是建立在各主机操作系统之上的一个操作系统，用于实现不同主机之间的用户通信，以及全网硬件和软件资源的共享，并向用户提供统一的、方便的网络接口，便于用户使用网络。

4) 网络数据库。它是建立在网络操作系统之上的一种数据库系统，可以集中驻留在一台主机上（集中式网络数据库系统），也可以分布在每台主机上（分布式网络数据库系统），它向网络用户提供存取、修改网络数据库的服务，以实现网络数据库的共享。

5) 应用系统。它是建立在上述部件基础上的具体应用，以实现用户的需求。如图 1-6 所示，表示了主机操作系统、网络操作系统、网络数据库系统和应用系统之间的层次关系。图中 UNIX、Windows 为主机操作系统，NOS 为网络操作系统，NDBS 为网络数据库系统，AS 为应用系统。

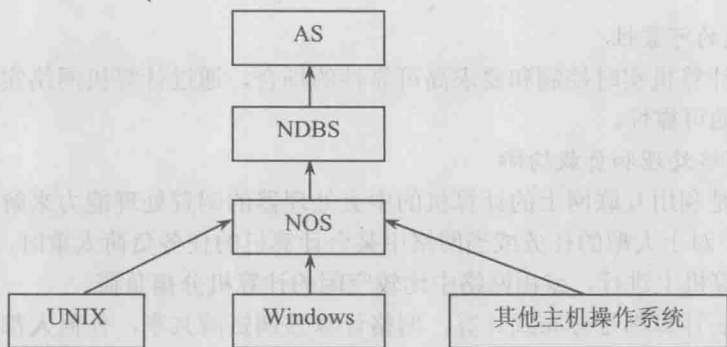


图 1-6 主机操作系统、网络操作系统、网络数据库系统和应用系统之间的关系

2. 现代网络结构的特点

随着微型计算机的广泛应用，大量的微型计算机是通过局域网联入广域网，而局域网与广域网、广域网与广域网的互联是通过路由器实现的；在 Internet 中，用户计算机需要通过校园网、企业网或 ISP 联入地区主干网，地区主干网通过国家主干网联入国家间的高速主干网，

这样就形成一种由路由器互联的大型、层次结构的互联网络。

另外,从组网的层次角度看网络的组成结构,也不一定是一种简单的平面结构,而可能变成一种分层的立体结构。图 1-7 所示的是一个典型的三层网络结构,最上层称为核心层,中间层称为分布层,最下层称为访问层,为最终用户接入网络提供接口。

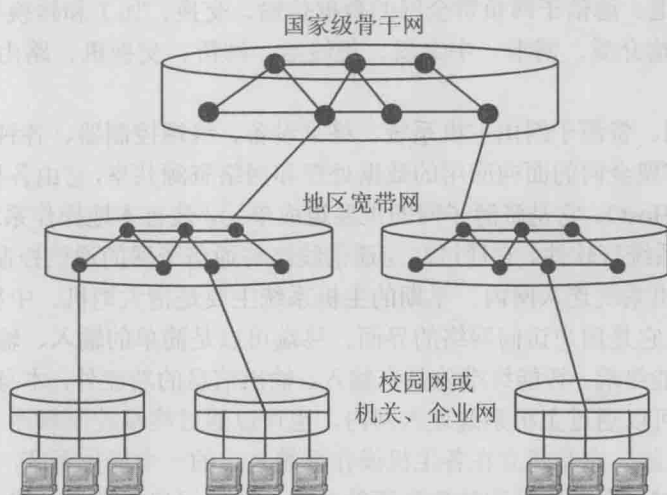


图 1-7 层次型网络组成

1.1.4 计算机网络的功能

1. 数据通信

计算机网络中的计算机之间或计算机与终端之间,可以快速可靠地相互传递数据、程序或文件。

2. 资源共享

充分利用计算机网络中提供的资源(包括硬件、软件和数据)是计算机网络组网的主要目标之一。

3. 提高系统的可靠性

在一些用于计算机实时控制和要求高可靠性的场合,通过计算机网络实现备份技术可以提高计算机系统的可靠性。

4. 分布式网络处理和负载均衡

分布式计算是利用互联网上的计算机的中央处理器的闲置处理能力来解决大型计算问题的一种计算科学。对于大型的任务或当网络中某台计算机的任务负荷太重时,可将任务分散到网络中的各台计算机上进行,或由网络中比较空闲的计算机分担负荷。

网格计算和云计算都是分布式计算,网格计算强调资源共享,任何人都可以做为请求者使用其他节点的资源,但任何人都需要贡献一定资源给其他节点。云计算强调专有,使计算分布在大量的分布式计算机上,而非本地计算机或远程服务器中,任何人都可以获取自己的专有资源,并且这些资源是由少数团体提供的,但用户不需要贡献自己的资源。

1.1.5 计算机网络的分类

计算机网络有多种分类方法,下面进行简单的介绍。

1. 按网络的覆盖范围分类

(1) 广域网 WAN (Wide Area Network)。

广域网的覆盖范围通常为几十到几千公里,因而有时也称远程网。广域网是因特网的核心,其任务是通过长距离(例如,跨越不同的国家)传送计算机所发送的数据。

(2) 城域网 MAN (Metropolitan Area Network)。

城域网的覆盖范围一般是一个城市,可跨越几个街区甚至整个城市,其作用距离约为 5~50 公里。城域网也可以为一个或几个单位所拥有,也可以是一种公共设施,用来将多个局域网进行互连。目前城域网大都采用以太网技术,因此也并入局域网的范围进行讨论。

(3) 局域网 LAN (Local Area Network)。

局域网一般用微型计算机或工作站通过高速通信线路相连,但覆盖的地理范围较小(一般为 1 公里左右)。在局域网发展初期,一个学校或工厂往往只拥有一个局域网,但现在局域网已非常广泛地使用,一个学校或企业大都拥有许多个互连的局域网(这样的网络称为校园网或企业网,即 Intranet)。

(4) 个人区域网 PAN (Personal Area Network)。

个人区域网就是在个人工作或居住的地方把属于个人或家庭的电子设备(如便携式电脑等)用无线技术连接起来的网络,因此也称为无线个人区域网 WPAN (Wireless PAN),其作用范围大约在 10 米左右。

2. 按网络的使用者不同分类

(1) 公用网。

公用网是指由电信公司出资建立的大型网络,所有愿意按照电信公司的规定缴纳费用的用户都可以使用这种网络,因此公用网也称为公众网。

(2) 专用网。

专用网是指由某个部门为本单位(或本系统)的特殊业务工作的需要建立的网络。这种网络不向本单位(或本系统)以外的用户提供服务。例如,军队、铁路、银行、电力等系统均有本系统的专用网。

1.2 计算机网络的体系结构

1.2.1 网络协议

在网络系统中,为了保证数据通信双方能正确而自动地进行通信,针对通信过程的各种问题,制定的一整套规则、约定和标准,这就是网络系统的通信协议。

网络协议主要由三个要素组成:

- ①语法:即数据与控制信息的结构或格式;
- ②语义:即需要发出何种控制信息,完成何种动作以及做出何种响应;
- ③同步:即事件执行顺序的规定。

为了减少网络协议设计的复杂性,绝大多数网络采用分层设计方法。所谓分层设计方法,就是按照信息的流动过程将网络的整体功能分解为一个一个的功能相对独立的层,不同机器上的同等功能层之间采用相同的协议,同一机器上的相邻功能层之间通过接口进行信息传递。这样将计算机网络协议分解成多个层次,每个层次完成整个通信功能的一部分,每层的通信由相应

的通信协议来完成,就形成了计算机网络体系结构。所谓计算机网络体系结构就是计算机网络的所有层和各层协议的集合。

但是计算机网络的体系结构只是对计算机网络及其组成部分所应完成的功能的精确定义。

1.2.2 OSI/RM 体系结构

1. OSI 参考模型

开放系统互联参考模型 (OSI/RM, Open System Interconnection/Reference Model) 是由国际标准化组织 (ISO) 制定的标准化的计算机网络体系层次结构模型。所谓开放系统就是指所有能够互联的系统,即所有遵循 OSI/RM 开发的系统。

OSI 参考模型由七个协议层组成 (如图 1-8 所示)。最低三层 (1~3) 是依赖网络的,涉及将两台通信计算机连接在一起所使用的数据通信网的相关协议,实现通信子网功能。高三层 (5~7) 是面向应用的,涉及允许两个终端用户用进程交互作用的协议,通常是由本地操作系统提供的一套服务,实现资源子网功能。中间的传输层为面向应用的上三层屏蔽了与网络有关的下三层的详细操作。



图 1-8 OSI/RM 体系结构

主机 A 和主机 B 都遵循 OSI/RM 标准,两主机中功能相同 (如主机 A 的网络层和主机 B 的网络层) 的层称为同等层或对等层,对等层遵循相同的协议,而不同层的协议不同,功能也不同,按照协议的定义,只能是对等层之间才能相互通信,但是主机 A 和主机 B 之间的信息传输要通过连接两主机的传输介质,所以对等层之间的通信是一种逻辑通信,信息的实际传输是从主机 A 的某层 (如应用层) 向下通过层间接口逐层传输,再通过物理层下面的传输介质到达主机 B 的物理层,然后再向上通过层间接口逐层到达对等层 (应用层)。在同一主机中,各层通过执行本层的协议来完成本层的功能并向其相邻上层提供服务,同时该层利用其相邻下层提供的服务来实现与对等层通信。

2. 实体、协议、服务和访问点

实体(Entity)表示任何可发送或接收信息的硬件或软件进程。协议是控制两个对等实体进行通信的规则集合。在协议的控制下,两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务。要实现本层协议,还需要使用下层所提供的服务。本层的服务用户只能看见服务而无法看见下面的协议。下面的协议对上面的服务用户是透明的。协议是“水平的”,即协议是控制对等实体之间通信的规则。服务是“垂直的”,即服务是由下层向上层通过层间接口提供的。同一系统相邻两层的实体进行交互的地方,称为服务访问点SAP(Service Access Point)。

3. 各层的主要功能

(1) 物理层(第一层)是OSI参考模型的最低层,向下直接与物理传输介质相连接,在物理层传输的数据单元是比特流。物理层的主要功能就是为其上层(数据链路层)提供物理连接,实现比特流的透明传输,所谓透明就是客观存在的事物看起来好像不存在一样,在物理层是指不管什么样的比特流(甚至含有差错比特)都能通过物理层。物理层的任务是实现这种功能提供与物理传输介质之间的接口有关的4个特性。

1) 机械特性:指明接口部件的尺寸、规格、插脚数和分布等。

2) 电气特性:指明接口电缆的各条线上出现的电压范围。

3) 功能特性:指明某条线上出现某一电平的电压的用途。

4) 规程特性:指明接口部件的信号线建立、维持、释放物理连接和传输比特流的时序。

(2) 数据链路层(第二层)的主要功能是实现相邻两个节点之间(相邻是指两个节点之间只存在一条传输介质,而中间没有任何其他的节点)无差错数据帧的传输。所谓链路,是指相邻节点之间的物理线路。而当在链路上传输数据时,还必须有一些必要的通信协议来控制这些数据的传输,把实现这些协议的硬件和软件施加到链路上,就建立了数据链路。所以数据链路层还负责建立、维持和释放数据链路的任务。该层传输的数据单元是数据帧,简称为帧,每一个帧包括数据和一些必要的控制信息(包括同步信息、地址信息、差错控制信息等),它是数据链路层把上层(网络层)送来的数据加上首部和尾部封装成的,控制信息就包含在帧的首部和尾部中。当数据链路层接收到对等层发送来的帧后,根据帧中控制信息进行差错检验,若该帧无差错,则剥去首部和尾部(这个过程称为拆装)后传送给上层(网络层),若有差错,则丢弃该帧。

(3) 网络层(第三层)的主要功能是路由选择。该层传输的数据单元称为分组或包、IP数据报,它是网络层把上层(传输层)送来的数据添加上首部(包含地址信息、分组长度信息等)封装成的,当网络层收到对等层发送的分组时,剥去首部交给上层(传输层)。所谓路由选择,就是根据一定的原则和路由选择算法,在有许多路由器和大量网络互连的通信子网中选择一条从源主机到达目的主机的最佳路径的过程。

(4) 传输层(第四层)的主要功能是实现两个不同主机中的应用进程之间的通信,也称为端到端的通信,就是一台主机中的一个进程和另一台主机中的一个进程之间的通信。传输层传输的数据单元称为报文。

(5) 会话层(第五层)主要功能是提供应用进程间对话控制的规则。所谓会话就是为在两个层实体间建立的一次连接,组织和同步它们的对话及为管理它们的数据交换提供必要的手段。如对话双方的资格审查和验证、对话方向的交替管理、故障点定位及恢复等各种服务。会话层传输的数据单元称为报文。

(6) 表示层(第六层)的主要功能是在两个通信应用层协议实体之间的传送过程中负责

数据的表示语法,其目的在于解决格式化数据表示的差别,如加密和解密、正文压缩、终端格式化转换等。表示层传输的数据单元称为报文。

(7) 应用层(第七层)的主要功能是通过管理和执行应用程序为用户使用网络提供接口服务。本层为网络传输的分布信息服务的用户提供接口,这些服务包括文件传送、访问和管理,以及诸如电子邮件这样的一般文档和信息交换服务。应用层传输的数据单元称为报文。

1.3 局域网的概念及特点

1.3.1 局域网的概念

局域网(LAN)是指在较小的地理范围内,将有限的通信设备互联起来的计算机通信网络。

1.3.2 局域网的特点

局域网与广域网相比具有以下几个特点:

(1) 地理范围有限,用户个数有限。通常局域网仅为一个单位服务,只在一个相对独立的局部范围内连网,如一座楼或集中的建筑群内。

(2) 传输速率高,误码率低。因近距离传输,所以误码率很低,时延较低,一般低于 10^{-9} ,能支持计算机之间的高速通信。

(3) 具有广播式通信功能。从一个主机可以很方便地访问局域网上连接的所有可共享的各种硬件和软件资源。

(4) 具有相对简单和规范的拓扑结构,如总线型、星型、环型等。

1.4 局域网的构成

局域网由网络硬件和网络软件两大部分构成。网络硬件主要包括网络服务器、工作站、外围设备等,网络软件主要包括网络操作系统(NOS)和网络协议等。

1.4.1 网络服务器

网络服务器是整个网络系统的核心,它为网络用户提供服务并管理整个网络,在其上运行的操作系统是网络操作系统。随着局域网络功能的不断增强,根据服务器在网络中所承担的任务和所提供的功能不同把服务器分为:文件服务器、打印服务器和通信服务器等。其中文件服务器能将大量的磁盘存储区划分给网络上的合法用户使用,接收客户机提出的数据处理和文件存取请求;打印服务器接收客户机提出的打印要求,及时完成相应的打印服务;通信服务器负责局域网与局域网之间的通信连接功能。一般在小型局域网中最常用的是文件服务器和打印服务器两种。在整个网络中,服务器的工作量通常是普通工作站的几倍甚至几十倍,所以,服务器一般由一台或几台高性能的微机、小型机、中型机或大型机等来担当。

1.4.2 工作站

工作站又称客户机。客户机是指当一台计算机连接到局域网上时,这台计算机就成为局域网的一个客户机。客户机与服务器不同,服务器是为网络上许多网络用户提供服务以共享它的

资源,而客户机仅对操作该客户机的用户提供服务。客户机是用户和网络的接口设备,用户通过它可以与网络交换信息,共享网络资源。客户机通过网卡、通信介质以及通信设备连接到网络服务器。客户机只是一个接入网络的设备,它的接入和离开对网络不会产生多大的影响,它不像服务器那样一旦失效,可能会造成网络的部分功能无法使用,那么正在使用这一功能的网络都会受到影响。现在的客户机都用具有一定处理能力的PC(个人计算机)机来承担。

1.4.3 外围设备

外围设备是连接服务器与工作站的一些传输介质和连接设备,常用的传输介质一般可分为有线通信介质和无线通信介质两类,有线通信介质主要有双绞线、同轴电缆和光纤,无线通信介质主要有红外线、微波等;连接设备主要有网卡、集线器、交换机、路由器等。

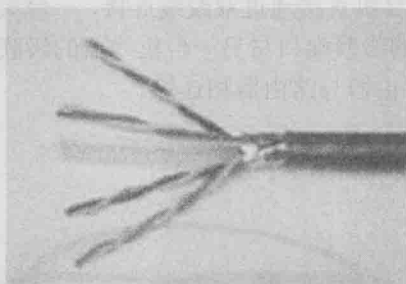
1. 双绞线

(1) 双绞线的结构。

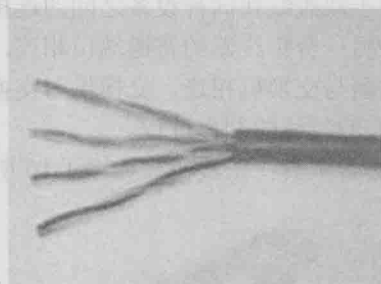
双绞线(Twisted Pair, TP)是目前计算机网络布线中最常用的一种传输介质,双绞线电缆由不同颜色8芯具有绝缘保护层的铜导线两两绞合成4对放在一个绝缘套管中组成,两两绞合的目的是使一根导线传输电磁波的辐射能被另一根导线上发生的电磁波所抵消,从而使电磁干扰最小。

(2) 双绞线的分类。

双绞线一般分为非屏蔽双绞线(Unshielded Twisted-Pair, UTP)和屏蔽双绞线(Shielded Twisted-Pair, STP)两大类,如图1-9(a)和图1-9(b)所示。屏蔽双绞线是在一对双绞线外面有金属筒缠绕,有的还在几对双绞线的外层用铜编织网包上,用作屏蔽,最外层再包上一层具有保护性的聚乙烯塑料。



(a) 非屏蔽双绞线



(b) 屏蔽双绞线

图 1-9 双绞线的结构

电气工业协会/电信工业协会(EIA/TIA)按双绞线电气特性将其定义为7种型号,级别越高性能越好。局域网中常用第5类和第6类双绞线,它们都为非屏蔽双绞线,由4对双绞线构成一条电缆。

1) 1类双绞线:主要用于电话连接,不用于数据传输。

2) 2类双绞线:通常用在程控交换机,ISDN和T1/E1数据传输也可以采用2类电缆,2类线的最高带宽为1MHz,在局域网中很少使用。

3) 3类双绞线:适合于10Mb/s双绞线以太网和4Mb/s令牌环网的安装,同时也能运行16Mb/s的令牌环网,目前已从市场上消失。

4) 4类双绞线:最高传输速率为20Mb/s,其他特性与3类双绞线一样,能更稳定地运行

16Mb/s 令牌环网，目前在布线中已经很少使用。

5) 5 类双绞线：又称为数据级电缆，最高传输速率 100Mb/s，能够运行 100Mb/s 以太网。传输距离为 100m，目前大量应用于局域网中。

6) 超 5 类双绞线：最高传输速率可达 155Mb/s，传输距离可达 130m，是目前最常见的双绞线类型。

7) 6 类、7 类双绞线是新型的电缆，能提供更高的传输速率和更远的距离，其中 6 类双绞线的最高传输速率可以达到 1000Mb/s，适用于低成本的高速以太网的骨干电路。

(3) 双绞线的连接标准。

目前，在局域网中普遍使用超 5 类双绞线，分为屏蔽和非屏蔽两种。在建筑物外，使用屏蔽双绞线较好，在建筑物内，则可以使用非屏蔽双绞线。

1) 双绞线与 RJ-45 接口连接标准有两个（见表 1-1）。

表 1-1 双绞线的连接标准

线序号	1	2	3	4	5	6	7	8
EIA/TIA568B 标准	白橙	橙	白绿	蓝	白蓝	绿	白棕	棕
EIA/TIA568A 标准	白绿	绿	白橙	蓝	白蓝	橙	白棕	棕

2) 直接法：双绞线的两端遵循相同的标准，即要么都遵循 EIA/TIA 568B 标准，要么都遵循 EIA/TIA 568A 标准。直接法适用于双绞线在异种设备之间的连接，如计算机与集线器，计算机与交换机，一台集线器的普通端口与另一台集线器的级联端口，集线器的级联端口与交换机，交换机与路由器连接等。

3) 交叉法：双绞线的一端遵循 EIA/TIA 568B 标准，另一端遵循 EIA/TIA 568A 标准。交叉法适用于双绞线在同种设备之间的连接，如两台计算机直接通过双绞线连接，一台集线器普通端口与另一台集线器的普通端口相连，一台集线器的级联端口与另一台集线器的级联端口相连，集线器与交换机相连，交换机与交换机相连，路由器与路由器相连等。

(4) 双绞线的制作过程。

1) 必备工具：压线钳（如图 1-10 所示），测试仪（如图 1-11 所示）。



图 1-10 压线钳

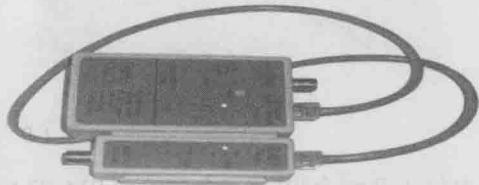


图 1-11 测试仪

2) 制作双绞线步骤（按 EIA/TIA 568B 标准以直接法为例）。

步骤一，剥线：剪下所需要的双绞线长度，至少 0.6 米，最多不超过 100 米。然后再利用双绞线剥线器的剥线刀口将双绞线的外皮除去 2~3 厘米（注意不要损伤铜芯的绝缘层）。有一些双绞线电缆上含有一条柔软的尼龙线，如果在剥除双绞线的外皮时，觉得裸露出的部分太短，而不利于制作 RJ-45 接头时，可以紧握双绞线外皮，再捏住尼龙线往外皮的下方剥开，就可以得到较长的裸露线。

步骤二，理线：需要把每对都是相互缠绕在一起的线缆逐一解开。解开后则根据需要接

线的规则把几组线缆依次地排列好并理顺，排列的时候应该注意尽量避免线路的缠绕和重叠。把线缆依次排列并理顺之后，由于线缆之前是相互缠绕着的，因此线缆会有一些的弯曲，应该把线缆尽量扯直并尽量保持线缆平扁。把线缆依次排列好并理顺压直之后，应该细心检查一遍，之后利用压线钳的剪线刀口把线缆顶部裁剪整齐，需要注意的是裁剪的时候应该是水平方向插入，否则线缆长度不一会影响到线缆与水晶头的正常接触。若之前把保护层剥下过多的话，可以在这里将过长的细线剪短，保留的去掉外层保护层的部分约为 15 毫米左右，这个长度正好能将各细导线插入到各自的线槽。如果该段留得过长，一来会由于线对不再互绞而增加串扰，二来会由于水晶头不能压住护套而可能导致电缆从水晶头中脱出，造成线路的接触不良甚至中断。

步骤三，插线：就是把整理好的线缆插入水晶头内。需要注意的是要将水晶头有塑料弹簧片的一面向下（如图 1-12 所示），有针脚的一方向上，使有针脚的一端指向远离自己的方向，有方型孔的一端对着自己。此时，最左边的是第 1 脚，最右边的是第 8 脚，确保依次顺序排列白橙、橙、白绿、蓝、白蓝、绿、白棕、棕。插入的时候需要注意缓缓地用力把 8 条线缆同时沿 RJ-45 头内的 8 个线槽插入，一直插到线槽的顶端。在最后压线之前，可以从水晶头的顶部检查，看看是否每一组线缆都紧紧地顶在水晶头的末端。

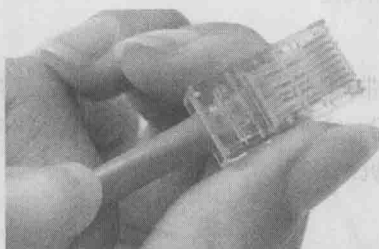


图 1-12 水晶头

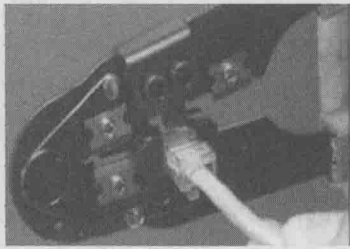


图 1-13 水晶头与压线槽

步骤四，压线：确认无误之后就可以把水晶头插入压线钳的 8P 槽内压线了（如图 1-13 所示），把水晶头插入后，用力握紧线钳，听到轻微的“啪”一声即可。压线之后水晶头凸出在外面的针脚全部压入水晶并头内，而且水晶头下部的塑料扣位也压紧在网线的灰色保护层之上。

（5）测试双绞线。

1) 将已经制作好的双绞线的两端分别插入主测试体和次测试体的 RJ-45 接口内，并打开主测试体的电源开关。



图 1-14 用测线仪测试双绞线的连接

2) 观察主测试体和次测试体上的指示灯 (如图 1-14 所示), 如果是直通缆, 则主测试体灯和次测试体灯的对应顺序为: 1 对 1、2 对 2、3 对 3, 依次类推; 如果是交叉缆, 主测试体灯和次测试体灯的顺序为: 1 对 3、2 对 6、3 对 1、4 对 4、5 对 5、6 对 2、7 对 7、8 对 8。

2. 同轴电缆

(1) 同轴电缆的结构。

同轴电缆 (Coaxial Cable) 最早应用于有线电视网络中。它比双绞线具有更好的屏蔽性, 所以它可以以很高的速率传输很长的距离。它用来传递信息的一对导体是按照一层圆筒式的外导体套在内导体 (一根细芯) 外面, 两个导体间用绝缘材料互相隔离的结构制造的。外层导体和中心轴芯线的圆心在同一个轴心上, 所以叫做 同轴电缆 (如图 1-15 所示)。

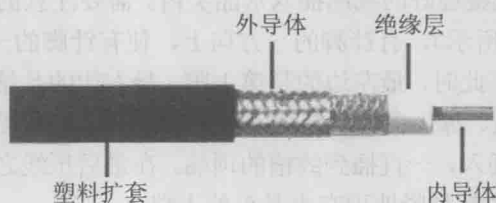


图 1-15 同轴电缆的结构图

(2) 同轴电缆分类。

同轴电缆分为基带同轴电缆 (阻抗为 $50\ \Omega$) 和宽带同轴电缆 (阻抗为 $75\ \Omega$)。基带同轴电缆又可分为粗缆和细缆两种, 都用于直接传输数字信号; 宽带同轴电缆用于频分多路复用的模拟信号传输, 如有线电视的信号传输, 很少用于计算机网络。

最常用的同轴电缆有以下几种 (见表 1-2)。

表 1-2 同轴电缆的类型

类型	阻抗	应用
RG-8 或 RG-11	$50\ \Omega$	粗缆以太网
RG-58	$50\ \Omega$	细缆以太网
RG-59	$75\ \Omega$	用于电视系统
RG-62	$93\ \Omega$	用于 ARCNET 网络

(3) 同轴电缆的组网。

无论是粗缆还是细缆均为总线 拓扑结构, 即一根缆上接多部机器, 这种拓扑适用于机器相对集中的环境。但是当一触点发生故障时, 故障会串联影响到整根缆上的所有机器, 故障的诊断和修复都很麻烦。因此, 将逐步被非屏蔽双绞线或光缆取代。

1) 粗缆: 传输距离长, 性能好但成本高、网络安装、维护困难, 一般用于大型局域网的干线。连接时两端需 $50\ \Omega$ 终结器; 粗缆与外部收发器相连; 收发器与网卡之间用 AUI 电缆相连; 网卡必须有 AUI 接口 (15 针 D 型接口); 每段最长 500 米, 最多 100 个用户; 4 个中继器可达 2500 米; 收发器之间最小 2.5 米, 收发器电缆最大 50 米。

2) 细缆: 细缆安装较容易, 造价较低, 但日常维护不方便, 一旦一个主机连接处故障, 便会影响其他用户的正常工作, 而且, 随着用户的增加, 网络效率降低。因此, 细缆主要用小型局域网 (如办公室或实验室)。连接时两端需 $50\ \Omega$ 终结器; 与 BNC 网卡相连; 用 BNC-T 型

头连接细缆；T型头之间最小0.5米；每段最长为185米，每段干线最多接入30个用户；4个中继器连接5个网段，网络最大距离可达925米。

3) 中继器：工作在物理层，是消除信号由于经过一长段电缆而造成的失真和衰减，使信号的波形和强度达到所要求的指标。

3. 光纤

光纤（光导纤维电缆），是网络传输介质中性能最好、应用前景最被看好的一种电缆，目前大多数大规模的局域网的主干网都采用光纤作为传输介质。它的传输速率可以达到几千兆b/s，它的优点是体积小、重量轻、传输频带宽、传输损耗小、保密性能好、误码率低、不受雷电和电磁干扰。缺点是分接和安装困难、安装和测试工具都非常昂贵。

(1) 光纤的结构和通信原理。

光纤是由非常透明的石英玻璃拉成丝，主要由折射率较高的纤芯和折射率低于纤芯的包层构成的通信圆柱体（如图1-16所示）。当光线从高折射率的纤芯射向低折射率的包层时可以发生全反射，即光线碰到包层时就会折射回纤芯，这样使光沿着纤芯不断发生全反射向前传输（如图1-17所示）。



图 1-16 光纤的结构



图 1-17 光波在纤芯中的传播

光纤通信就是利用光纤传递光脉冲来进行通信的，有光脉冲表示1，没有光脉冲表示0。光纤的两端必须安装光端机，在发送端，光端机负责把表示数字代码的电信号转换为光脉冲信号在光纤中传输；在接收端，光端机负责接收光纤上光脉冲信号并还原出电信号。单模光端机的光源使用半导体激光器；多模光端机的光源使用发光二极管。

(2) 光纤的分类。

根据光在光纤中的传播方式，可将光纤分为两种类型：多模光纤和单模光纤。允许多条不同角度入射的光线在一条光纤中传输的光纤称为多模光纤。若光纤的直径减小到只有一个光的波长，可使光线一直向前传输，而不产生多次全反射，这样的光纤称为单模光纤（见表1-3）。

表 1-3 光纤的类型

纤芯的直径	外层尺寸	类型
8.3~10μm	125μm	单模
50μm	125μm	多模
62.5μm	125μm	多模
85μm	125μm	多模
100μm	140μm	多模

单模光纤和多模光纤相比较：纤芯直径小；高速率；传输距离远；但成本也高。

由于光纤非常细，连包层一起，其直径也不到0.2mm。因此必须将光纤做成很结实的光缆。一根光缆少则只有一根光纤，多则可包括数十至数百根光纤，再加上加强芯和填充物就可

以大大提高其机械强度。

4. 无线电波

无线电波是指在自由空间（包括空气和真空）传播的射频频段的电磁波。无线电技术是通过无线电波传播声音或其他信号的技术。

无线电技术的原理：导体中电流强弱的改变会产生无线电波。利用这一现象，通过调制可将信息加载于无线电波之上，当电波通过空间传播到达收信端，电波引起的电磁场变化又会在导体中产生电流，通过解调将信息从电流变化中提取出来，就达到了信息传递的目的。

5. 微波

微波是指频率为 300MHz~300GHz 的电磁波，是无线电波中一个有限频带的简称，即波长在 1 米（不含 1 米）到 1 毫米之间的电磁波，是分米波、厘米波、毫米波的统称。微波频率比一般的无线电波频率高，通常也称为“超高频电磁波”。

6. 红外线

红外线是太阳光线中众多不可见光线中的一种，由德国科学家霍胥尔于 1800 年发现，又称为红外热辐射。

红外线通信有两个最突出的优点，一是不易被人发现和截获，保密性强；二是几乎不会受到电气、天电、人为干扰，抗干扰性强。此外，红外线通信机体积小，重量轻，结构简单，价格低廉。但是它必须在直视距离内通信，且传播受天气的影响。在不能架设有线线路，而使用无线电又怕暴露自己的情况下，使用红外线通信比较好。

7. 网络适配器

网络适配器 NIC（Network Interface Card）也就是俗称的网卡。

（1）网卡的功能。

网卡是构成计算机局域网系统中最基本的、最重要的和必不可少的连接设备，计算机主要通过网卡接入局域网。网卡除了起到物理接口作用外，还有控制数据传送的功能，网卡一方面负责接收网络上传过来的数据包，解包后将数据通过主板上的总线传输给本地计算机；另一方面它将本地计算机上的数据打包后送入网络。网卡一般插在每台工作站和文件服务器主机板的扩展槽里。另外，由于计算机内部的数据是并行数据，而一般在网上传输的是串行比特流信息，故网卡还有“串—并”转换功能。为防止数据在传输中出现丢失的情况，在网卡上还需要有数据缓冲器，以实现不同设备间的缓冲。网卡一般都包括了数据链路层和物理层这两层的功能。另外，计算机的硬件地址（MAC 地址，是由 IEEE 分配给各生产厂商的一种 48 位全球地址）是由生产网卡的厂商固化在网卡的 ROM 中。

（2）网卡的类型。

1) 按连接速度划分。

①10Mb/s 网卡：是最早期的一种网卡，多用于早期的计算机和对网络传输速率要求不高的网络。

②100Mb/s 网卡：也称为快速以太网卡，是传输速率固定为 100Mb/s 的网卡。

③10/100Mb/s 自适应网卡：该类型的网卡具有一定的智能性，它综合了 10Mb/s 和 100Mb/s 两种速率，可以根据实际情况自主选择速率的类型，是目前使用比较广泛的一种网卡。

④1000Mb/s 网卡以及万兆网卡：该类型网卡价格比较贵，所以一般用于网络的中心部位，如用于服务器与中心交换机的连接，以提高系统的响应速度。

2) 按总线类型划分。

① ISA 网卡。ISA (Industry Standard Architecture), 称为工业标准体系结构。ISA 网卡一般适用于第一代较原始的计算机上。它可以直接驱动多个传输速率低的控制卡, 用于低档的计算机中。该类型的网卡因为传输速率较低、安装复杂等自身难以克服的原因, 所以已经被其他总线类型的网卡所取代。

② PCI 网卡。PCI (Peripheral Component Interconnect), 称为即插即用总线结构。PCI 网卡适用于普通的台式机, 它需要占用主机的 PCI 插槽, 传输速率较高、稳定性较好, 适用于各种高速部件的需求, 而且安装和配置比较方便, 是目前应用最广泛、最流行的一种网卡, 如图 1-18 所示。

③ PCMCIA 网卡。PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association), 称为个人计算机存储器插卡接口卡。PCMCIA 网卡适用于便携式笔记本电脑, 而不能用于台式计算机。它的大小与扑克牌差不多, 只是稍微厚一些, 大约在 3~4mm 左右。它支持热插拔技术, 便于实现移动式的无线接入, 如图 1-19 所示。

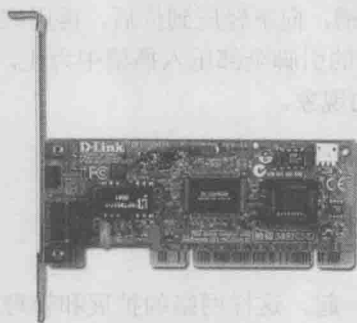


图 1-18 PCI 网卡



图 1-19 PCMCIA 网卡

④ USB 网卡。USB (Universal Serial Bus), 称为通用串行总线。USB 网卡是一种新型的总线技术, 传输速率大于传统的串行口或并行口。USB 接口支持热插拔, 既可以用于笔记本电脑, 又可以用于台式计算机, 因此安装和使用非常方便; 另外该类网卡的数据传输速率较高、不占用系统终端, 所以颇受市场好评, 如图 1-20 所示。

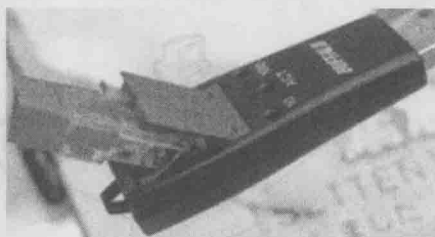


图 1-20 USB 网卡

3) 按接口种类划分。

① AUI 接口网卡: 用来连接粗铜轴电缆, 或者连接收发器。

② RJ-45 接口网卡: 用来连接双绞线, 通常使用 PCI 总线。该类型的网卡数据传输率高、网络扩充和系统调试方便, 是目前市场上普遍使用的网卡类型, 如图 1-21 所示。

③ BNC 接口网卡: 用来连接细铜轴电缆, 通常使用 ISA 总线。该类型的网卡数据传输率不高, 而且当个别计算机出现故障时会导致全网瘫痪, 所以在网络中很少使用, 如图 1-22 所示。